ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 DÉCEMBRE 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Maurice Caullery** est élu Vice-Président pour l'année 1944 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Robert Bourgeois** et **Louis Bouvier**, par la majorité absolue des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale à l'Académie que le tome 213 (juillet-décembre 1941) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les origines de l'amplidyne.* Note (1) de M. **Joseph Béthenod.**

On connaît le rôle important joué désormais, principalement dans la technique des courants faibles, par les amplificateurs électroniques de types divers; depuis quelques années, on a cherché, notamment aux États-Unis, à réaliser dans la technique des courants forts un dispositif pouvant rendre des services analogues, et on lui a donné généralement le nom d'*amplidyne*. Le principe très simple de ces *amplificateurs électromagnétiques* à courant continu est le suivant : on excite par le courant à amplifier une dynamo qui fournit entre balais un courant, proportionnel au premier, et pouvant correspondre évidemment à une énergie beaucoup plus grande que celle mise en jeu dans le circuit d'excitation. Si besoin est, on peut d'ailleurs appliquer cet artifice à plusieurs amplifications successives, en multipliant le nombre des dynamos ainsi mises en cascade. En général deux amplifications suffisent et l'on a

---

(1) Séance du 15 novembre 1943.

cherché, pour des raisons évidentes, à totaliser en une seule les deux machines, en utilisant une dynamo dérivée du type Rosenberg à quatre balais, employée pour fournir un courant constant. Pour qu'une telle machine réalise correctement le rôle d'amplificateur, il est indispensable de lui ajouter au moins un enroulement de compensation neutralisant la réaction d'induit dû à la circulation du courant de sortie.

Dès 1912, j'ai déjà mentionné l'intérêt d'une semblable addition dans une application particulière ([2]); il s'agissait d'établir une dynamo fournissant une tension sensiblement constante malgré des variations de vitesse considérables (éclairage des trains par exemple). A cet effet je comparais cette tension U à une tension fixe de référence E (batterie d'accumulateurs par exemple) au moyen d'un potentiomètre; un courant proportionnel à la différence E — U circulait ainsi dans le circuit inducteur d'une machine Rosenberg *compensée*, l'usage du potentiomètre comparateur rendant peu praticable celui d'une dynamo ordinaire (nécessitant une puissance d'excitation notablement plus importante). En négligeant des effets secondaires, on était ainsi conduit à une égalité de la forme

$$K\omega^2(E - U) = U,$$

d'où

$$U = E\frac{K\omega^2}{K\omega^2 + 1},$$

K étant une constante appropriée, et ω la vitesse de rotation.

Cette expression montre que la tension U peut demeurer sensiblement constante, quand ω varie dans un domaine étendu.

Peu de temps plus tard, M. R. V. Picou, qui ignorait d'ailleurs certainement ma proposition, a exposé magistralement des utilisations possibles de la future *amplidyne* dans une remarquable communication faite à la *Société Française des Électriciens* en novembre 1913 (voir *Bulletin S. F. E.*, 3, n° 29, p. 889). Il a fallu près de trente ans pour que cette machine, d'origine essentiellement française, soit appliquée industriellement.

Bien entendu, on peut parfaire le fonctionnement de l'appareil par l'adjonction de diverses dispositions d'enroulements statoriques auxiliaires, notamment en vue d'empêcher tout *pompage*, lorsque sa sensibilité est rendue extrême.

IMMUNOLOGIE. — *Ferment. Anaferment. Antiferment.*
Note de M. **Gaston Ramon**.

Il y a vingt ans ([1]), nous faisions connaître l'anatoxine diphtérique et le principe fondamental des anatoxines. Une toxine microbienne, la toxine

---

([2]) Brevet français n° 452.815, déposé le 18 mars 1912.

([1]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1338.

diphtérique, déclarions-nous en substance, soumise à l'action simultanée de l'aldéhyde formique et de la chaleur (37° durant un mois), perd sa toxicité et devient totalement inoffensive tout en conservant ses propriétés immunologiques : elle se transforme ainsi en « anatoxine ».

Le principe de la préparation des anatoxines a été étendu, en dehors de la plupart des toxines microbiennes (exotoxines), aux toxalbumines végétales, telles que l'abrine, la ricine etc., aux venins, transformables de cette façon en anavenins ([2]). En l'appliquant également aux ultravirus comme celui de la vaccine, de la rage, de la fièvre aphteuse, de la peste bovine etc., on a réussi à obtenir des « anavirus », que nous désignons ainsi par analogie avec les termes anatoxine, anavenin etc. ([3]).

Or on sait que l'on a rapproché souvent, en ce qui concerne leurs caractères, leurs manifestations ou leur mode d'action, les toxines, les venins, les ultravirus et également les enzymes. Roux et Yersin, dès 1888, ont les premiers comparé la toxine diphtérique qu'ils venaient de découvrir aux diastases. Il n'est guère d'étude d'ensemble sur les ultravirus où l'on ne parle d'enzymes ou d'effet enzymatique.

Aussi pouvait-on se demander si certains ferments ne sont pas susceptibles d'être transformés en « anaferments » au sens immunologique du mot, et dans quelles conditions ?

Pour les recherches que, personnellement, nous avons entreprises dans cette voie, nous nous sommes adressé à un ferment, la papaïne, que nous employons journellement, depuis plusieurs années, dans la préparation des milieux de culture ([4]). La papaïne offre des propriétés singulières. D'une part elle est douée, *in vitro*, d'un pouvoir protéolytique aussi puissant que la pepsine ou la trypsine. D'autre part, *in vivo*, elle se comporte comme certaines toxines microbiennes ou certains venins. En effet, sa solution, filtrée à travers une bougie de porcelaine et injectée sous la peau du Cobaye, du Lapin ou du Cheval, y provoque des désordres locaux : un œdème inflammatoire suivi souvent d'une véritable escarre; à dose suffisante, elle entraîne la mort de l'animal. Dans nos essais, pour apprécier l'activité diastasique de la papaïne et sa dégradation éventuelle, sous l'influence du formol et de la chaleur, nous avons adopté une technique très simple :

([2]) Pour la bibliographie concernant ces questions, consulter G. Ramon, *Vingt années de recherches immunologiques*, Paris, 1943.

([3]) Tout dernièrement G. Roussy, M. et P. Guérin ont réussi à immuniser contre la leucémie des Poules une forte proportion de Poulets, à l'aide d'injections de sang contenant le virus et préalablement traité par l'aldéhyde formique (*Comptes rendus*, 216, 1943 p. 233).

([4]) Voir par exemple G. Ramon, Mlle Germaine Amoureux et J. Pochon, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 386.

Dans des tubes renfermant 1^{cm^3} d'une solution (stérilisée) de gélatine à 3 % amenée à la température de 45°, on ajoute 1^{cm^3} de dilutions de plus en plus fortes de papaïne en partant, par exemple, d'une solution de papaïne à 3^g pour 100^{cm^3} d'eau physiologique (1/10, 1/100, 1/200, 1/300. ..., 1/1000, 1/1500 etc.). On agite pour bien mélanger. Après 4 heures d'exposition des mélanges à 45°, on porte les tubes à la glacière (+ 2°). Au bout de 5 à 6 heures, on note quelle est la plus petite quantité de la solution de papaïne qui a provoqué à l'étuve la *gélatinolyse*; est-ce, par exemple, la dilution au 1/1000, nous dirons alors que la solution de papaïne employée est, en ce qui concerne son pouvoir diastasique, ainsi déterminé, active au 1/1000, ou par convention qu'elle contient 1000 unités gélatinolytiques au cm^3, ce qui correspond, pour cette papaïne, à 35 unités par milligramme. Nous avons toujours obtenu avec cette technique des résultats réguliers.

Les solutions de papaïne à 1 %, à 3 %, dans l'eau physiologique, qui présentent, faisons-le remarquer, une certaine acidité (de pH6 à pH5 et même moins, suivant la concentration) se dégradent lentement et difficilement sous l'action de l'aldéhyde formique et de la chaleur, même avec une forte proportion de formol, qui risque alors de nuire grandement aux propriétés de la papaïne qui nous intéressent. Si, au lieu d'eau physiologique, on utilise, pour mettre en solution la papaïne, de l'eau boratée à 2 % ou de l'eau *phosphatée* (pH 8), on remarque, en premier lieu, que le formol ajouté dans ces solutions, à raison, par exemple, de 0,7 %, y provoque rapidement un précipité plus ou moins abondant (⁵). On peut suivre, jour par jour, l'influence du formol et de la chaleur (40°) sur le pouvoir enzymatique de la papaïne traitée dans ces conditions, en isolant par centrifugation un peu de liquide que l'on examine au moyen de la technique très sensible *à la gélatine*. On reconnaît alors que le pouvoir diastasique baisse rapidement pour disparaître au bout d'un mois environ de séjour de la papaïne formolée à l'étuve. D'un autre côté, les essais effectués chez les animaux à l'aide de la même solution et de son précipité, montrent que la toxicité diminue graduellement. Après 1 mois de séjour à l'étuve, cette solution, injectée à répétition à des lapins, est bien supportée. De même un cheval peut en recevoir impunément de grandes quantités, tandis qu'un animal de la même espèce, auquel on injecte des quantités équivalentes de solution de papaïne non modifiée, finit par succomber à une véritable intoxication.

De ces expériences il ressort que, sous l'effet du formol et de la chaleur intervenant dans les conditions précisées, la papaïne perd progressivement sa propriété diastasique (*in vitro*) et toxique (*in vivo*). Cependant la question se pose de savoir si, dans les mêmes conditions, elle a conservé les qualités immunisantes qu'elle pouvait posséder et qu'il est difficile, sinon impossible, de mettre en évidence (⁶), étant donné que, non modifiée, la papaïne se montre toxique pour les animaux.

Dans le but de répondre à cette question, nous avons injecté (sous la peau) à une série de lapins, 3 doses de 3^{cm^3} chacune d'une solution de papaïne à 3 % (dans l'eau phosphatée

---

(⁵) Lorsque la solution de papaïne dans l'eau boratée ou phosphatée est assez concentrée, l'addition de formol y entraîne la formation d'un précipité caillebotté, et même d'un véritable coagulum. Nous étudions dès maintenant à partir de cette constatation, diverses applications, d'ordre microbiologique et industriel, de la papaïne et du latex de *Carica-Papaya*. Ajoutons que, au cours de l'immunisation des animaux, le précipité joue le rôle d'un adjuvant de l'immunité.

(⁶) Voir à ce propos E. POZERSKI, *Annales Inst. Past.*, **23**, 1909, pp. 205 et 320.

de pH 8) soumise à l'action du formol et de la température de l'étuve comme il a été indiqué. Après un tel traitement, ces animaux fournissent un sérum qui entraîne une floculation nette dans une solution de papaïne (0g,06 de papaïne ‰ d'eau physiologique) récemment préparée et filtrée, alors que le sérum de lapins *neufs* ou de lapins qui ont reçu de la papaïne chauffée 20 minutes à 100° ne manifeste aucune propriété floculante.

D'un autre côté, nous avons pratiqué, sous la peau d'un cheval, des injections répétées, à des intervalles de temps variant entre 5 et 7 jours, de doses progressivement croissantes (40-75-120-200-300-350cm³) d'une solution de papaïne formolée et étuvée semblable à celle servant aux expériences chez le Lapin. Le sérum de ce cheval acquiert, dans ces conditions, la propriété de déterminer une réaction de floculation typique, entièrement superposable à celle que nous avons fait connaître en 1922 ([7]) et qui est universellement mise à profit dans les laboratoires pour le dosage de la toxine, de l'anatoxine et de l'antitoxine diphtérique et de nombreux autres antigènes et anticorps. C'est ainsi que le sérum recueilli 8 jours après la 6e injection provoque, à la dose de 0cm³,4, l'apparition de la *floculation initiale* caractéristique, dans 1cm³ d'une solution de papaïne à 3g ‰ d'eau physiologique.

Ainsi la papaïne, qui a subi l'influence combinée du formol et de la chaleur et qui, de ce fait, a perdu sa toxicité, se comporte donc comme une *anatoxine* inoffensive et immunisante capable d'engendrer chez le Cheval, comme chez le Lapin, la formation de l'anticorps spécifique que permet de déceler et de titrer notre méthode de floculation.

Mais un tel anticorps est-il bien apte à *neutraliser* le pouvoir enzymatique de la papaïne comme l'antitoxine diphtérique neutralise le pouvoir toxique du poison diphtérique? Cet anticorps se comporte-t-il en un mot comme un *antiferment*? Pour apprécier l'influence que peut avoir le sérum de notre cheval, grâce à l'anticorps qu'il contient, sur le pouvoir enzymatique de la papaïne, une difficulté se présente. On sait en effet que le sérum des animaux *neufs* possède, dans une certaine mesure, la propriété d'empêcher la gélatinolyse due à un ferment tel que la papaïne. Cette propriété est le fait, non pas de l'intervention d'un anticorps spécifique, mais de substances existant normalement dans les sérums et dont le pouvoir *empêchant* s'exerce aussi bien à l'égard de la pepsine, de la trypsine qu'à celui de la papaïne. Pour être en droit d'affirmer qu'il s'agit bien d'un anticorps *neutralisant* présent dans notre sérum, il est indispensable que ce sérum s'oppose à la gélatinolyse sous un volume nettement inférieur à celui grâce auquel il l'empêche normalement. C'est précisément ce que nous a révélé l'expérimentation que nous avons réalisée de la façon suivante :

Nous préparons plusieurs séries de mélanges renfermant d'une part une quantité fixe de solution de papaïne : 1cm³ par exemple d'une solution à 0,3 ‰, représentant une dose sûrement capable (et même bien au delà) d'entraîner la gélatinolyse de 1cm³ de gélatine à 3 % et d'autre part des quantités variables 1cm³; 0,5; 0,2; 0,15; 0,1; 0,08; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03 etc., de sérum de Cheval normal, pour la 1re série ([8]); du sérum d'un Cheval

([7]) G. Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, pp. 661-711-813; *Revue d'Immunologie*, 6, 1940, p. 5.

([8]) Par exemple le sérum du Cheval immunisé avec la papaïne formolée, ce sérum étant recueilli avant l'immunisation.

qui a reçu de la papaïne chauffée à 100°, pour la 2e série, et enfin du sérum de cheval qui a été immunisé avec la papaïne formolée et étuvée, pour la 3e série. Après 2 heures de contact, chacun des mélanges est versé dans des tubes contenant la gélatine; on porte à l'étuve durant 4 heures à 45°, puis à la glacière pendant 6 heures ou davantage, après quoi on constate les résultats. Alors qu'il suffit de $0^{cm^3},04$ de sérum de l'animal immunisé pour annihiler le pouvoir gélatinolytique de la quantité de papaïne employée, il faut au moins $0^{cm^3},1$ de chacun des autres sérums pour empêcher la gélatinolyse.

Ces expériences, maintes fois répétées, ont toujours fourni les mêmes résultats. L'existence du pouvoir antidiastasique, dans le sérum du cheval immunisé par les injections de papaïne ayant subi l'action de l'aldéhyde formique et de la température de l'étuve, est donc hors de doute, et d'ailleurs, ainsi qu'il est de règle en pareil cas, le pouvoir floculant de ce sérum correspond à son pouvoir antigélatinolytique, et la floculation initiale caractéristique de la réaction apparaît bien ici dans le mélange *neutre*, comme dans la floculation toxine-antitoxine diphtérique par exemple ([9]). Et, de même qu'avec un sérum antidiphtérique on peut titrer, au moyen de la floculation, le pouvoir toxique du poison diphtérique, de même avec le sérum antigélatinolytique on peut apprécier le pouvoir enzymatique correspondant de la papaïne. Le fait de pouvoir évaluer la propriété diastasique d'un ferment, à l'aide de la floculation, méthode immunologique, est digne d'attention.

Ainsi il résulte de l'ensemble de notre expérimentation que, sous l'action combinée du formol et de la chaleur agissant dans des conditions bien déterminées, la papaïne peut perdre ses pouvoirs toxique et enzymatique en conservant ses qualités immunisantes; elle peut donc se transformer en anapapaïne, qui provoque chez les animaux auxquels on l'injecte, l'apparition d'une antipapaïne douée de propriétés floculantes et neutralisantes à l'égard de la papaïne. Nous poursuivons avec nos collaborateurs les recherches en ce domaine; nous en ferons connaître plus tard les résultats détaillés. Nous nous bornerons aujourd'hui à conclure à la possibilité de la transformation d'un ferment tel que la papaïne en anaferment, lequel peut à son tour permettre d'obtenir chez l'animal, un antiferment capable, indiscutablement, de *neutraliser* spécifiquement le ferment en cause dans sa fonction diastasique.

Cette nouvelle application du principe fondamental des anatoxines consacre l'intérêt de la découverte annoncée ici il y a vingt ans.

M. **Philibert Guinier**, par l'organe de M. **Auguste Chevalier**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Henri Heitz intitulé *La Forêt du Gabon*, dont il a écrit la *Préface*.

([9]) Dans le sérum des Lapins immunisés, le pouvoir antigélatinolytique n'atteint pas un degré suffisant pour être décelable, il est masqué à nos yeux par le pouvoir empêchant; seule la floculation nous révèle son existence tout en nous permettant de juger de sa valeur.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Georges Reboul** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Émile Mathias*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M[lle] **Madeleine Friant** adresse un Rapport sur l'emploi qu'elle a fait d'une subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1942.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Madeleine Friant. *Catalogue raisonné et descriptif des collections d'ostéologie du Service d'Anatomie comparée du Muséum national d'Histoire naturelle. Mammifères.* Fascicule II : *Insectivora*. A. *Insectivora vera*. Sous-fascicule I. *Erinaceidæ*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les points singuliers exceptionnels* (1) *des équations différentielles du premier ordre, considérés comme limites de points singuliers simples.* Note de M[me] **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gaston Julia.

Envisageons d'abord l'équation

$$x^2y' = ay + bx + f_2(x, y) \qquad (a \neq 0), \tag{1}$$

où $f_2(x, y)$ représente une fonction de x et y, développable en série entière et dont le développement commence par des termes du second degré; nous avons montré que les intégrales peuvent être considérées comme la limite, lorsque $\varepsilon \to 0$, des intégrales de l'équation

$$x(x-\varepsilon)y' = ay + bx + f_2(x, y) \tag{2}$$

dans un domaine entourant l'origine $|x| < \rho_0$, $|y| < h$. C'est la généralisation du résultat obtenu par M. Garnier dans l'étude des intégrales irrégulières des équations linéaires (2); cette généralisation a été obtenue par un procédé analogue : l'application au champ complexe de la méthode des approximations successives de É. Picard; d'ailleurs, en ce qui concerne (1), la méthode avait été déjà utilisée par Bendixson sur l'axe réel.

Nous adoptons comme chemins d'intégration des arcs de cercle passant par l'origine et coupant l'axe des x sous un angle V au plus égal à un angle V_0

(1) H. Dulac, *Mémor. Sci. Math.*, 61, 1934, p. 18.

(2) *Journal de Mathématiques*, 8e série, 2, 1918, p. 102.

inférieur à $\pi/2$. Ces arcs de cercle forment une famille à deux paramètres balayant dans le plan de x un certain domaine intérieur du cercle $|x| = \rho_0$. Ce domaine varie d'ailleurs avec les intégrales que l'on étudie; mais, à toute intégrale $Y(x)$ de l'équation (1) on peut attacher un domaine D_1 comprenant en particulier un secteur de sommet O, de rayon suffisamment petit et d'angle aussi voisin que l'on peut de π, mais inférieur à π. Ce secteur admet pour bissectrice la partie positive de l'axe réel, et nous retrouvons ainsi un résultat obtenu par M. Chazy (*Acta Mathematica*, 41, 1918). Dans le domaine D_1 on peut déterminer l'intégrale $Y_1(x)$ considérée par la méthode des approximations successives.

On trouve, en particulier, qu'il existe une intégrale et une seule de l'équation (1) pour laquelle le domaine de convergence des approximations successives s'étend à tout le cercle $|x| \leqq \rho_0$.

Il s'agit maintenant d'étudier l'équation (2). Les chemins d'intégration utilisés $\mathcal{C}$ sont, cette fois, les courbes inverses par rapport à l'origine de spirales logarithmiques. Ces spirales logarithmiques admettent pour point asymptote le point inverse de $x = \varepsilon$ et coupent leurs rayons vecteurs sous un angle $V \leqq V_0 (< \pi/2)$. Ces courbes admettent pour limite, lorsque $\varepsilon \to 0$, les cercles utilisés pour l'équation (1).

Les chemins $\mathcal{C}$ forment une famille à deux paramètres, déterminant, comme dans le cas précédent, à l'intérieur du cercle $|x| \leqq \rho_0$ un certain domaine $D_2(\varepsilon)$, variable avec l'intégrale considérée. A l'intérieur de $D_2(\varepsilon)$ on peut déterminer les intégrales par la méthode des approximations successives.

Enfin nous définissons, dans le domaine commun à D_1 et $D_2(\varepsilon)$ un domaine tendant vers D_1 et où *la fonction* $Y_2(x, \varepsilon)$ *tend uniformément vers* $Y_1(x)$ *lorsque* $\varepsilon \to 0$ $\left[\text{de la même façon que } (1 - (\varepsilon/x))^{1/\varepsilon} \text{ tend vers } e^{1/x} \text{ lorsque } \varepsilon \to 0\right]$.

De façon plus précise, quelque petits que soient ρ_1 et α, quantités positives données à l'avance, pour toute intégrale $Y_1(x)$ on peut toujours déterminer un nombre ε_0 tel que l'on puisse associer à $Y_1(x)$ une intégrale $Y_2(x, \varepsilon)$ de l'équation (2) répondant à la condition suivante

$$|Y_2(x, \varepsilon) - Y_1(x)| < \alpha,$$

si $|\varepsilon| \leqq \varepsilon_0$ et si x se déplace dans la partie du domaine D_1, associé à $Y_1(x)$, pour laquelle on a $|x| > \rho_1$.

En définitive, nous pouvons considérer le point singulier à l'origine de l'équation (1) comme résultant de la fusion de deux points singuliers simples de l'équation (2), d'affixes $x = 0$ et $x = \varepsilon$.

Les mêmes méthodes s'appliquent aux points exceptionnels d'ordre n.

Les intégrales de l'équation

$$(3) \qquad x^n y' = ay + bx + f_2(x, y) \qquad (a \neq 0)$$

peuvent être considérées au voisinage de l'origine comme la limite des intégrales

de l'équation

$$(4) \qquad x(x^{n-1}-\varepsilon^{n-1})y' = ay + bx + f_2(x, y) \qquad (a \neq 0)$$

lorsque $\varepsilon \to 0$.

Par suite *le point exceptionnel d'ordre n de l'équation* (3) *peut être regardé comme la limite de n points singuliers simples infiniment voisins.*

Enfin la même méthode s'étend sans difficultés aux *systèmes d'équations différentielles*

$$x^n y'_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} y_j + b_i x + f_i(x, y) \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

pour lesquels l'équation caractéristique en λ, $|a_{ij} - \lambda \delta_{ij}| = 0$, n'a pas de racine nulle.

Applications aux intégrales réelles. — Les résultats précédents m'ont permis d'établir que la disposition, obtenue par Bendixson, pour les courbes intégrales d'une équation à point exceptionnel, n'est qu'un cas limite de la disposition correspondant à des points simples infiniment voisins.

SPECTROSCOPIE. — *Raies dipolaires magnétiques dans le spectre de l'hélium.* Note de MM. **Pierre Jacquinot** et **Jean Brochard**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. L'existence des raies interdites de l'hélium a semblé d'abord liée à des conditions anormales d'excitation : champs électriques dans l'effet Stark ([1]) ou dans les atmosphères stellaires ([2]); mais certaines de ces raies peuvent être mises en évidence avec une très faible intensité, dans des conditions normales d'excitation ([3]).

2. Il a déjà été montré ([4]) que les raies P-F sont dues au rayonnement quadrupolaire, et les raies P-G au rayonnement octopolaire dans des conditions d'excitation qui peuvent être considérées comme normales. La présente Note a pour but d'examiner le cas des raies P-P. L'existence de ces raies peut être due, dans les mêmes conditions normales d'excitation, aux rayonnements dipolaire magnétique ou quadrupolaire, et en présence de champ électrique (appliqué ou interatomique) au rayonnement dipolaire forcé. L'étude de l'effet Zeeman doit permettre de distinguer entre ces différents modes de rayonnement.

3. Nous avons réussi à obtenir des photographies des décompositions

---

(1) J. S. Stark, *Ann. de Phys.*, 56, 1918, p. 577; Foster, *Proceed. Roy. Soc.*, 117, 1927, p. 145; J. M. Dewey, *Phys. Rev.*, 28, 1925, p. 1108.

(2) Elvey, *Astrophys. J.*, 69, 1929, p. 237.

(3) P. Jacquinot, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1896.

(4) P. Jacquinot, *ibid.*, 213, 1941, p. 64; 216, 1943, p. 581.

magnétiques des raies 4910 ($2^1P - 4^1P$), 4383 ($2^1P - 5^1P$), 4141 ($2^1P - 6^1P$). Ces trois raies sont des raies de singulets; nous n'avons pas réussi à observer de raies de triplets, bien qu'elles apparaissent dans les champs électriques utilisés pour l'effet Stark.

Ces raies se sont montrées de nature dipolaire magnétique. Leur décomposition se présente en effet sous la forme d'un triplet normal, quant aux écarts, mais dont les composantes sont polarisées de façon inverse à celles du triplet normal : c'est précisément la décomposition qui a été calculée par H. Niewodniczanski ([5]) par exemple. La contribution du rayonnement quadrupolaire (également autorisé), ou une contribution éventuelle du rayonnement dipolaire forcé, aurait pu être facilement mise en évidence si elle avait été de l'ordre d'au moins 0,25; on peut donc affirmer que ces modes de rayonnement n'interviennent pas, au moins dans ces limites.

4. Ces raies ont une intensité extrêmement faible; il était donc nécessaire d'utiliser des sources lumineuses très intenses.

Nous avons utilisé deux types de sources différentes de façon à avoir, pour une même énergie totale, des excitations relativement faibles (conditions normales) ou des excitations fortes (possibilité de champs électriques interatomiques).

La première source, déjà décrite dans une précédente Note, est un tube de $1^m,50$ de longueur absorbant une puissance de l'ordre de 2 kW (fréquence 10 Mc). La deuxième source correspond à des densités d'énergie beaucoup plus grandes; le tube, refroidi à l'eau, a 20^{cm} de longueur et 8^{mm} de diamètre intérieur; il peut absorber, dans les champs utilisés, jusqu'à 1500 W. Les deux sources ont donné exactement les mêmes types de décomposition.

5. Cependant l'intensité relative des raies P-P change avec l'intensité d'excitation; elle peut être, avec les excitations les plus fortes, plusieurs fois plus grande qu'avec les excitations faibles. La forte exaltation qu'elles subissent est probablement due à des champs électriques. Il est important de remarquer que même dans ce cas la figure de décomposition de Zeeman n'est pas modifiée et ne permet donc pas de mettre en évidence le mode de rayonnement dipolaire forcé; nous aurons à reparler des mesures concernant ce phénomène, observé également dans d'autres cas.

6. Le rayonnement dipolaire magnétique mis en évidence dans cette Note n'a été obtenu jusqu'à présent que dans des cas très rares.

Niewodniczanski en a signalé pour la première fois en 1934 un exemple sur une raie du plomb; Jenkins et Mrozowski ([6]) en ont donné un autre exemple également dans le cas du plomb. Ce nouvel exemple met en évidence le rayonnement dipolaire magnétique dans un cas beaucoup plus simple que les précédents.

([5]) *Ibid.*, 198, 1934, p. 259.

([6]) F. A. Jenkins et S. Mrozowski, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 808.

RAYONS X. — *Rendement énergétique dans la luminescence excitée par les rayons X*. Note de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les travaux récents conduisent à admettre que, dans l'excitation par les rayons X de la luminescence de quelques substances, notamment des sulfures, le rendement énergétique est élevé, voisin même de l'unité d'après certains auteurs. Sans s'attacher à la valeur absolue du rendement, il en résulte comme conséquence que, quelle que soit la longueur d'onde λ de la radiation excitatrice, la quantité de lumière restituée sous forme visible doit être sensiblement proportionnelle à l'énergie absorbée sous forme de rayons X.

Soit B la brillance d'un écran luminescent soumis à l'action d'un faisceau de rayons X d'intensité ionométrique I_0 ; il est facile de montrer que, dans cette hypothèse, en désignant par ε l'épaisseur du cristal, par μ le coefficient d'absorption vraie pour les rayons X, par x le coefficient d'absorption de la lumière visible de fluorescence et par ρ le rendement énergétique, on a

$$y = \frac{B}{I_0} = \rho \frac{\mu}{\mu - x}(e^{-x\varepsilon} - e^{-\mu\varepsilon}).$$

Le rapport y est une fonction de λ par la présence de μ. Pour les monocristaux expérimentés, les quantités $x\varepsilon$ et $\mu\varepsilon$ sont faibles, si bien que l'expression précédente se réduit sensiblement à

$$y = \frac{B}{I_0} \# \rho\mu\varepsilon,$$

d'où

$$\frac{dy}{y} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{d\mu}{\mu};$$

mais μ varie comme le cube de la longueur d'onde et il en résulte que, quelle que soit la substance,

$$\frac{dy}{y} = \frac{d\rho}{\rho} + 3\frac{d\lambda}{\lambda}. \qquad (1)$$

J'ai tracé expérimentalement les courbes $y = f(\lambda)$ pour un grand nombre de substances. Comme il n'est pas utile d'avoir un faisceau rigoureusement monochromatique, j'ai modifié la longueur d'onde en agissant simultanément sur la filtration et sur la tension accélératrice ; je suis ainsi monté jusqu'à 400 kV avec une filtration de 6^{mm} d'acier et 4^{mm} de cuivre, ce qui correspond à une longueur d'onde efficace de 0,069 Å. La filtration permet d'obtenir des faisceaux intenses, ce qui rend les mesures photométriques faciles ; celles-ci ont été effectuées par une cellule photoélectrique à couche d'arrêt et par photométrie visuelle à l'aide d'un *nitomètre* Jobin; les résultats obtenus par les deux méthodes étaient concordants. Les déterminations d'intensité des faisceaux excitateurs furent effectuées par un dosimètre de Hammer dont les indications avaient été contrôlées.

Toutes les courbes obtenues sont régulièrement croissantes avec la longueur d'onde et pour des substances très variées : sulfures de zinc et de zinc-cadmium, silicates et borates de zinc et de zinc-glucinium. Ces courbes, par une modification convenable d'ordonnées, arrivent à être presque superposables, ce qui montre, d'après la relation (1), que le rendement évolue suivant la longueur d'onde sensiblement de la même façon pour toutes ces substances. J'ai en outre vérifié que, conformément à la relation (1), les courbes qui correspondent à des cristaux de tailles différentes (30 et 70^{μ}) d'un même échantillon de sulfure de zinc, sont superposables par modification de l'échelle des ordonnées. L'étude de la courbure montre que le rendement décroît quand la longueur d'onde des radiations croît.

Par contre les courbes obtenues avec les germanates (de zinc et de zinc-glucinium) et les tungstates (de calcium, zinc et cadmium) ne peuvent pas se superposer aux précédentes; les variations du rendement sont bien plus importantes, surtout avec les tungstates; le rendement, faible pour les radiations très absorbables, devient important pour les radiations très pénétrantes. Il en résulte notamment que la brillance d'un écran au tungstate, bien plus faible que celle d'un écran au sulfure de zinc aux grandes longueurs d'onde (0,5 Å), devient au contraire plus forte aux courtes longueurs d'onde (0,07 Å).

LITHOLOGIE. — *Sur l'origine des sables de l'estuaire de la Seine.* Note de M. **Boris Brajnikov**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La méthode de choix pour la solution de ce genre de problèmes est, à l'heure actuelle, l'*analyse minéralogique des constituants détritiques des dépôts*. Suivant l'opinion de C. H. Edelman, la plus haute autorité en la matière, la fraction la plus caractéristique de ces constituants est formée des minéraux lourds ($d > 2,9$). Son étude est donc nécessaire et suffisante pour arriver à la solution générale.

Le problème particulier considéré dans cette Note exige une connaissance préalable de la composition qualitative et quantitative en minéraux lourds des sédiments du Bassin de la Seine. Celle-ci est malheureusement encore trop imparfaite et ne pourra progresser que très lentement, étant données l'étendue du Bassin et la variété de ses dépôts. Toutefois le peu que nous savons nous permet une généralisation de grande importance.

Dans les terrains secondaires et tertiaires (1) *du Bassin Parisien, deux groupements de minéraux lourds* (2) *dominent :* 1° tourmaline, zircon, rutile; 2° staurotide, andalousite, disthène, sillimanite, grenat, *en proportions variables. D'autres minéraux peuvent être présents en plus ou moins grande quantité, mais ils n'arrivent pas à constituer des groupements dominants, indépendamment des deux premiers, et ne peuvent l'emporter sur ceux-ci que localement.*

---

(1) Vatan, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 70; B. Brajnikov, *ibid.*, **215**, 1942, p. 491.

(2) Dans cette Note, il ne s'agit que de minéraux transparents.

Dans le Quaternaire et à l'Actuel (3), *des groupements minéraux très divers peuvent être dominants dans les associations de minéraux lourds.*

Cette distribution relève, semble-t-il, en général des conditions présidant à la génèse du dépôt et non de celles de son évolution (stabilité physicochimique relative des espèces minérales).

Enfin on peut noter que, le plus souvent, dans ces dépôts, le nombre reconnu d'espèces minérales distinctes est petit, voisin de 15.

Si maintenant on étudie les sables de l'estuaire de la Seine (4), deux faits remarquables se dégagent : 1° une richesse peu commune en espèces minérales (de l'ordre de 30); 2° le groupement dominant de l'association est constitué de *hornblende*, d'*épidote* et de *grenat* et forme environ 60 % du total (5).

La conclusion qui s'impose est que *le sable de l'estuaire de la Seine est hétérochtone* (6) *par rapport à la masse des sédiments du Bassin du fleuve*. Par contre il offre des analogies si étroites avec ceux des sables du rivage normand de la Manche qui ont été décrits par J. A. Baak (7), que l'on est conduit à admettre qu'*il provient de cette mer* et a été amené dans l'estuaire par les courants de marée (flot). Une analyse plus serrée montre toutefois que des matériaux, provenant directement du continent, y sont représentés en faible quantité, notamment ceux provenant du revêtement miocène ou post-miocène des plateaux et des versants.

Ceci posé, il était nécessaire de voir jusqu'à quelle distance de l'embouchure pénètre le sable marin. Les caractères du sable de l'estuaire se retrouvent encore dans ceux dragués près La Neuville (en aval de Caudebec-en-Caux); plus en amont ils semblent s'atténuer graduellement par mélange avec le matériau continental. A Saint-Aubin-lès-Elbeuf le sable dragué est déjà pratiquement du type continental.

Le sable d'origine marine se retrouve donc dans le lit de la Seine au moins jusqu'à la hauteur de Rouen. On peut ajouter que la même conclusion, mais moins nette, se dégage de l'étude des limons dont est formée la basse terrasse de la Seine.

De l'aval vers l'amont le sable marin se cantonne dans les fractions de plus en plus fines; en même temps le matériau continental apparaît, d'abord dans les fractions grossières, puis envahit les fractions fines, à mesure que diminue

---

(3) Recherches poursuivies en collaboration avec Mlle S. Duplaix.

(4) Les échantillons de ces sables m'ont été communiqués par M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées P. Vasseur.

(5) Ces sables contiennent en outre de 1 à 4 % d'agrégats qui correspondent à ce que Edelman a défini comme *saussurite*.

(6) Je dis que deux associations ou formations sont *isochtones* quand leurs matériaux constituants sont originaires d'un même bassin d'alimentation; dans le cas contraire elles sont *hétérochtones*.

(7) *Regional petrology of the southern North Sea*, Wageningen, 1936.

le matériau marin. Ceci semble indiquer que le principal facteur dynamique dans la constitution du dépôt est le courant du flot.

Les observations de Volmat sur l'origine marine des ensablements de l'estuaire semblent d'accord avec mes observations.

Il est intéressant de noter que certains limons recueillis sur le plateau entre Dieppe et Le Tréport seraient, d'après leur constitution minéralogique, isochtones avec les sables de l'estuaire de la Seine.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur le rôle de la ventilation dans les appareils utilisés pour mesurer les conductibilités électriques de l'air atmosphérique.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

Inventé depuis près de 40 ans (1), le Gerdien constitue encore aujourd'hui l'appareil usuel servant à mesurer les conductibilités ioniques de l'air atmosphérique. Sa technique ancienne, peu satisfaisante, fut du reste perfectionnée notablement, à une date récente, par Mme Thellier (2). La méthode élégante de Mme Thellier évite en particulier la mesure peu sûre de certains coefficients d'influence.

Cependant, ayant eu à m'occuper de mesures de conductibilité, je me trouvais amené à analyser attentivement le fonctionnement du Gerdien et à reconnaître que sa réalisation n'était pas irréprochable. Pour opérer dans des conditions sûrement correctes, je dus en définitive modifier profondément la construction habituelle.

Ce qui n'est pas pleinement satisfaisant dans le Gerdien, c'est sa ventilation. Le problème de la ventilation des appareils de déperdition est complexe et fit l'objet, dans la première décade de ce siècle, de plusieurs études théoriques et expérimentales, aujourd'hui un peu oubliées. C'est ainsi que Riecke (3) se livra naguère sur cette question à des calculs laborieux qui sont cependant beaucoup trop particuliers et, par ailleurs, très peu satisfaisants. Riecke imagine en effet le cas très particulier d'une sphère conductrice chargée, placée dans une atmosphère ionisée. Il pose que la vitesse de l'air est uniforme *partout*, ce qui ne saurait constituer qu'une esquisse grossière des phénomènes réels, et il calcule péniblement les trajectoires des ions. Quoi qu'il en soit, Riecke parvient à cette conclusion, à première vue paradoxale, vérifiée *grosso modo* dans les expériences ultérieures de Schering (4), que la déperdition est indépendante de la ventilation. Elle est la même en air calme et dans un courant d'air.

---

(1) H. Gerdien, *Physik. Z.*, 6, 1905, p. 800.
(2) *Ann. Inst. Phys. Globe*, Paris, 14, 1936, p. 71 et 19, 1941, p. 107.
(3) *Ann. der Phys.*, 12, 1903, p. 52.
(4) *Ann. der Phys.*, 20, 1906, p. 174.

Je vais envisager ici un corps de déperdition de forme quelconque, dans une atmosphère ionisée dont le mouvement est arbitraire, avec la restriction qu'il est permanent et stationnaire.

Je néglige les effets de la production, de la recombinaison et de la diffusion des ions. Je néglige aussi la charge spatiale. Enfin je traite en première approximation l'air comme un fluide incompressible.

Soient n la densité ionique (des ions positifs par exemple), K la mobilité, $\vec{E}$ l'intensité du champ électrique, $\vec{w}$ la vitesse de l'air, $\vec{v} = K\vec{E} + \vec{w}$ celle d'un ion positif. Les hypothèses faites entraînent alors les équations

$$\operatorname{div} \vec{E} = \operatorname{div} \vec{w} = \operatorname{div} n\vec{v} = 0.$$

La première exprime que la charge spatiale est négligée, la seconde est l'équation de continuité aérodynamique et la troisième résulte du fait qu'un état de régime est établi.

De ces trois équations on déduit aussitôt

$$\vec{v} . \operatorname{grad} n = 0.$$

En d'autres termes *la densité ionique est constante tout le long d'une trajectoire ionique*. Dans le cas particulier où $\vec{w} = 0$ (air calme), la densité est constante tout le long d'une ligne de force.

Cela établi, nous remarquerons que c'est la densité ionique *au contact du conducteur* qui intervient dans le calcul de la déperdition par un corps quelconque ([5]). Une mesure de déperdition n'a donc de signification utile que si cette densité est identique à celle qu'on rencontre dans l'atmosphère extérieure.

Dans le Gerdien, on peut admettre que la densité ionique à l'entrée de l'appareil est la même que dans l'atmosphère extérieure. Donc, pour que la mesure soit correcte, et si les hypothèses à la base du calcul sont légitimes, *il faut et il suffit que chaque point de la surface du conducteur central soit l'aboutissement d'une trajectoire ionique dont l'origine se trouve dans l'orifice d'entrée.*

Or, lorsque la ventilation du Gerdien est, comme il convient, largement assurée, $\vec{w}$ est de beaucoup le terme prépondérant dans l'expression de $\vec{v}$, de sorte que les trajectoires ioniques diffèrent peu des lignes d'écoulement de l'air. Il est donc fort douteux que la condition imposée se trouve satisfaite dans toute la région du conducteur en arrière de laquelle se forme un espace tourbillonnaire.

Il ne faut pas non plus perdre de vue que nous avons négligé les effets de la production des ions et de leur recombinaison. Or, à l'intérieur de l'appareil,

---

([5]) CH. MAURAIN, *Traité d'El. atm. et tell.*, Paris, 1924, p. 107.

la production d'ions est notablement plus élevée qu'à l'extérieur, en raison surtout de l'activation des armatures par des dépôts radioactifs. Ce phénomène peut entraîner dans le Gerdien usuel des erreurs inadmissibles, principalement si la densité en petits ions est faible, comme il arrive dans l'air pollué des villes ou dans une atmosphère chargée de brouillard. On ne peut remédier à cette cause d'erreur qu'en réduisant les temps de transit des ions à l'intérieur de l'appareil. Or ces temps de transit sont beaucoup trop grands dans le Gerdien usuel, à cause de la trop faible vitesse du courant d'air d'une part, à cause des mouvements tourbillonnaires d'autre part.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Corrélation entre l'allongement d'un entre-nœud et l'inhibition du développement du bourgeon axillaire situé à sa base chez le Pois.* Note de M. **René Castan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait qu'une plantule de Pois, élevée à l'obscurité, pousse par son bourgeon terminal jusqu'à épuisement des réserves de la graine, tandis que les bourgeons axillaires restent au repos. On sait aussi que, si l'on sectionne l'extrémité apicale de la plantule en cours de croissance, le bourgeon axillaire

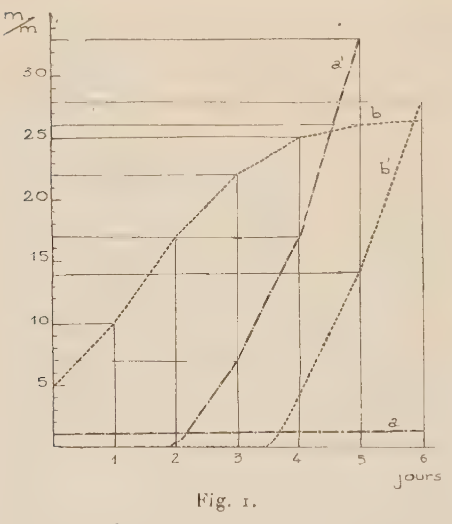


Fig. 1.

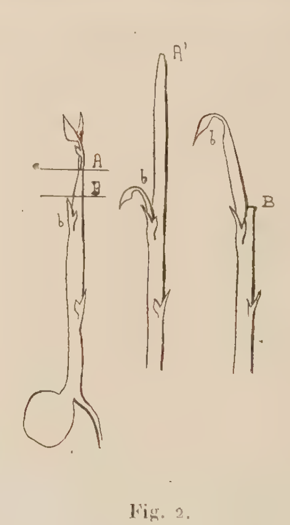


Fig. 2.

Fig. 1. — Allongement en millimètres du 3ᵉ entre-nœud (*b*) coupé au sommet; *a* entre-nœud coupé à sa base, développement du 2ᵉ bourgeon axillaire quand on coupe le 3ᵉ entre-nœud à sa base *a'* et croissance du 2ᵉ bourgeon axillaire quand on coupe le 3ᵉ nœud à son sommet *b'*.

Fig. 2. — A, niveau d'amputation du 3ᵉ entre-nœud pratiquée à son sommet; dans ce cas l'entre-nœud continue à s'allonger A' avant que le bourgeon axillaire *b* s'allonge. — B, niveau d'amputation à la base du 3ᵉ entre-nœud; dans ce cas le bourgeon axillaire *b* s'allonge sans retard.

situé le plus près de la section ne tarde pas à sortir du repos et à s'allonger. Ce phénomène exige cependant une analyse plus précise.

Prenons une plantule au moment où le 3ᵉ entre-nœud, situé au-dessus du 2ᵉ bourgeon axillaire, est encore très court, 4 à 5^{mm}. Cet organisme est alors formé de cellules très courtes, presque isodiamétriques (40 à 50$^{\mu}$), qui ne sont

plus capables de se multiplier, mais seulement de grandir pour atteindre finalement environ 360$^{\mu}$. A sa base cependant, des cellules ont déjà atteint cette longueur et ne grandissent plus. Nous pouvons amputer la plantule de son bourgeon terminal au-dessus du 2e bourgeon axillaire en sectionnant la tige soit au sommet, soit à la base de cet entre-nœud, c'est-à-dire en laissant au-dessus du 2e bourgeon axillaire ainsi conservé soit tout l'entre-nœud supérieur, soit seulement une portion insignifiante de la base de cet entre-nœud. Dans les deux cas, le 2e bourgeon axillaire va bientôt s'allonger, comme il est normal, mais la levée de l'inhibition qu'il supportait avant l'amputation va présenter des différences significatives.

Si l'entre-nœud est coupé près de son sommet, il continue d'abord à s'allonger, un peu moins vite cependant, presque autant que s'il n'avait pas été amputé; cette période dure 2 à 4 jours. Pendant ce temps le 2e bourgeon axillaire, situé à sa base, reste en repos apparent et ne commence à se développer que lorsque l'allongement de l'entre-nœud cesse, ou commence à se ralentir; au contraire, si l'entre-nœud a été coupé à sa base, le bourgeon axillaire immédiatement voisin commence à s'allonger environ 48 heures après l'amputation.

Cette différence est bien due à l'état de croissance ou de non-croissance de l'entre-nœud, et non à la présence ou à l'absence d'un moignon d'entre-nœud au-dessus du bourgeon axillaire dont on observe le réveil. En effet, si l'on attend pour procéder à l'amputation que l'entre-nœud ait atteint tout son allongement, soit 35 à 40^{mm}, le 2e bourgeon axillaire commencera à se développer environ 48 heures après l'amputation, que celle-ci ait eu lieu au sommet ou à la base de l'entre-nœud. L'allongement de l'entre-nœud est nécessairement provoqué par les substances de croissance (auxines) qu'il reçoit du bourgeon terminal et qui descendent dans la tige, ou qu'il fabrique lui-même à son extrémité apicale dans ses cellules les plus juvéniles quand ce bourgeon est amputé. C'est seulement quand la formation d'auxine cesse à l'extrémité apicale par suite du vieillissement des cellules de l'entre-nœud que le bourgeon axillaire commence à pousser. Nous conclurons de cette corrélation que l'auxine est directement un facteur d'inhibition des bourgeons axillaires.

Dans le cas où l'on se contente de mettre en rapport l'existence du bourgeon terminal et l'inhibition des bourgeons axillaires, on ne peut pas choisir entre les deux explications possibles de l'inhibition, soit une action propre à l'auxine empêchant la reprise du développement du bourgeon axillaire le long duquel elle s'écoule, soit une déviation de substances nutritives nécessaires au développement du bourgeon axillaire qui sont dirigées vers le bourgeon terminal qui les consomme. Les expériences où l'on fait intervenir des additions artificielles d'auxine pour remplacer l'action inhibante du bourgeon terminal sont suspectées par plusieurs physiologistes, comme faisant intervenir des auxines synthétiques en doses anormalement élevées et comme rentrant ainsi dans

le cadre de la pharmacodynamie et non de la physiologie normale de la plante.

Dans notre expérience aucune substance étrangère n'est introduite. Ici, l'inhibition n'est due qu'à la production temporaire d'auxine par l'entre-nœud supérieur, lequel, s'il croît encore, ne procède plus à aucune multiplication cellulaire et ne consomme ainsi aucune des substances nutritives nécessaires à la multiplication des cellules du bourgeon axillaire.

En conséquence, même si l'auxine n'est pas le seul facteur responsable de l'inhibition des bourgeons axillaires, du moins notre expérience apporte-t-elle un sérieux argument de plus en faveur de l'interprétation hormonale de l'inhibition.

PHYSICOCHIMIE AGRICOLE. — *Influence d'une imbibition par divers liquides sur la résistance au délitement des agglomérats terreux dans l'eau.* Note de M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons signalé ([1]) qu'une particule de terre imbibée avec précaution par H^2O ou par CCl^4 se comporte différemment quand on l'immerge ultérieurement dans l'eau. La particule imbibée d'eau résiste au délitement, si toutefois son complexe colloïdal ne contient pas une quantité importante d'ions alcalins. Au contraire, la particule imbibée de CCl^4 se délite complètement si elle ne contient pas de matières organiques et résiste à l'action de l'eau dans le cas contraire. Nous avons étudié l'effet d'une imbibition par divers liquides dans le but de préciser le mécanisme de ce phénomène. L'essai a été réalisé suivant la technique n° 2 indiquée antérieurement ([1]).

	Sols essayés (% de particules restées sur un tamis de $0^{mm},2$).				
Liquide d'imbibition...	Versailles Horizon B. 1.	Capi sous-sol argileux. 2.	Versailles (forêt riche en humus) Horizon A. 3.	Même sol que 3, rendu sodique par échange de base. 4.	Même sol que 1, rendu sodique par échange de base. 5.
Eau	33,5	49,5	37,5	2,5	2
Alcool méthylique	31,5	53,5	35,5	5,5	2
Acétone	33,1	48	35	–	1,5
Alcool isobutylique	34	46	38,5	–	2
Éther	26	32	36	–	2,5
Alcool laurique	10	14,5	–	–	2
Nitrobenzène	7,5	7	32	14,5	2
Tétrachlorure de carbone	7,5	6	21	14	3

Ce tableau montre que, dans le cas de sols n'ayant pas fixé d'ions alcalins,

([1]) S. Hénin, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 509.

les fonctions alcool, cétone, éther-oxyde ont une action protectrice. Mais, si la dimension de la molécule qui les porte croît, cette action semble s'atténuer (cas de l'alcool laurique). Ce dernier fait n'est cependant pas général, puisque nous avons montré antérieurement ([2]) qu'un pré-traitement avec un acide gras ou de l'huile de lin avait un effet protecteur considérable (78,5 % avec la terre I). Au contraire un pré-traitement par les hydrocarbures ou leurs dérivés halogénés et nitrés a une action destructrice, sauf si la terre est riche en matières organiques. Une seconde série d'essais nous permet de préciser ces constatations.

Liquide d'imbibition	CCl^4.	$CHCl^3$.	CH^3Cl.	CH^3NO^2	$HCONH^2$.	HCH^2OH.	HCO^2H.
Moment électrique du liquide.	0	1,0	1,9	3,3	3,22	1,67	1,5
Versailles (sol de culture)...	4	10	25	34,5	39	32	37

Liquide d'imbibition	C^6H^6.	C^6H^5Cl.	$C^6H^5NO^2$.	$C^6H^5NH^2$.
Moment électrique du liquide essayé......	0	1,73	4,08	1,51
Versailles (sol de culture)...............	4	10	24,5	48

Ces résultats conduisent à ajouter aux fonctions protectrices énumérées dans le cas de terres pauvres en matières organiques les fonctions acide, amine, amide. Dans le cas d'une terre contenant une petite quantité de matières organiques, l'action protectrice des dérivés des hydrocarbures croît avec leur moment électrique, alors qu'en présence de fonctions spécifiquement protectrices, cette propriété semble ne pas intervenir. Enfin la comparaison des essais de la deuxième série confirme que la dimension de la molécule tend, dans certains cas, à diminuer l'effet protecteur de la fonction qu'elle porte. En effet, à moment électrique égal les dérivés du benzène protègent moins que les dérivés du méthane.

L'influence protectrice peut s'expliquer par l'énergie avec laquelle le liquide servant au pré-traitement est fixé par le sol. J'ai cherché à vérifier cette hypothèse par les considérations suivantes. D'après la littérature ([3]) les liquides protecteurs sont ceux qui dégagent la plus grande chaleur d'humectation au contact de la terre. Il y a exception pour les liquides organiques mouillant des terres riches en humus. Mais cette exception s'élimine si l'on considère le pouvoir émulsifiant des terres vis-à-vis des systèmes formés par les hydrocarbures essayés et l'eau ([2]). Une autre vérification consiste à utiliser en pré-traitement un mélange azéotropique de première espèce (acétone, sulfure de carbone) en comparaison avec un mélange azéotropique de seconde espèce (acétone, chloroforme). Comme dans le second cas, l'activité des molécules, à

([2]) S. Hénin, *Étude physicochimique de la stabilité structurale des terres*, Paris, 1938.

([3]) Müntz et Gaudechon, *Ann. Agron.*, 2e série, 2, 1909, p. 393; Janert et J. L. Russell, *Zeits. f. Pflanz.*, 33, 1934, p. 79.

concentration moléculaire égale, est plus faible que dans le premier cas; l'effet protecteur exercé par le second mélange doit être, à même concentration, plus faible que celui exercé par le premier. Bien que les différences soient faibles, l'expérience permet en général de constater l'effet prévu. Une dernière vérification repose sur le fait qu'un pré-traitement avec une solution de Cl^2Mg à 30 % dans l'eau, exerce un effet protecteur moindre que l'eau. Dans ce cas aussi, l'activité de l'eau étant plus faible dans la solution, le mécanisme de la diminution de l'effet protecteur est analogue à celui observé précédemment. L'hypothèse se vérifie donc.

Ces résultats permettent d'établir une méthode susceptible de mettre en évidence l'origine de la stabilité des particules de terre vis-à-vis de l'eau. Si cette stabilité est due à la matière organique, l'effet d'un pré-traitement par les dérivés des hydrocarbures n'aura pas d'effet destructeur, ou n'aura qu'un effet destructeur modéré. C'est ce que nous avons établi expérimentalement.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur une substance vasodilatatrice présente dans certains extraits de sang et d'exsudat.* Note de MM. **Jean-Louis Parrot** et **Gabriel Richet.**

Les exsudats possèdent la propriété de déterminer une contraction de l'intestin isolé de Cobaye. Les travaux de Bier et Rocha e Silva (1) permettaient, semblait-il, d'attribuer cette action exclusivement à l'histamine, et d'accorder par suite un rôle essentiel à cette substance dans l'exsudation et plus généralement dans l'inflammation. Nous avons repris l'étude de cette action et nous avons constaté qu'elle devait être attribuée, pour la plus grande partie, à une substance organique distincte de l'histamine et de l'acétylcholine, moins stable que le premier de ces corps, plus stable que le second.

Nous avions précédemment dosé l'histamine dans le sang et dans les exsudats au cours de la tuberculose aiguë chez l'Homme et chez le Cobaye (2), selon la méthode de Barsoum et Gaddum, modifiée par Code (3); les extraits avaient subi notamment une ébullition de 1 h. 30 min. en milieu chlorhydrique; ils étaient éprouvés sur l'iléon isolé du Cobaye et sur la pression artérielle du Chat après atropinisation ($0,5 \times 10^{-7}$ pour l'organe isolé, $0^{mg},2$ par kilogramme pour le Chat). Or leur action était beaucoup plus grande lorsque les tests n'avaient pas été atropinés. Qu'il y ait alors une légère activité supplémentaire, le fait est connu et généralement attribué à la présence de choline (Barsoum et Gaddum). Il ne pouvait en être de même ici : en effet nous avons dosé la choline de nos extraits à l'état d'acétylcholine, après acétylation selon

(1) *Virchows Arch.*, **303**, 1939, pp. 325-345.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 380.
(3) *Journ. of Physiol.*, **89**, 1937, pp. 257-268.

la technique de Mentzer, Corteggiani et Carayon-Gentil ([4]) et nous avons trouvé des quantités allant de 6 à 25^{mg} de chlorure de choline par litre de sang; or l'activité non histaminique de nos extraits pouvait équivaloir à une concentration de 130^{mg} de chlorure de choline par litre.

Nos extraits furent alors éprouvés à la fois sur deux intestins de Cobaye : l'un était soumis à l'action de l'atropine, l'autre à celle du chlorhydrate de la N-diméthylaminoéthyl-N-benzylaniline ou 2339 RP, qui, à la concentration de 10^{-6}, supprime l'action de l'histamine : le premier test nous permettait de doser l'histamine, et l'autre la nouvelle substance ([5]).

Soluble dans l'eau, l'alcool éthylique, l'alcool amylique et l'acétone, celle-ci est insoluble dans l'éther, le chloroforme, le benzène et l'éther de pétrole. Elle dialyse. Lentement détruite en milieu alcalin à la température du laboratoire, elle est détruite en 10 min. à 100° en présence de soude N/10. Elle est relativement stable en milieu acide; cependant une ébullition en milieu chlorhydrique normal détruit environ 20 % de la quantité présente en 20 min., 35 % en 1 h. 30 min. A la température du laboratoire, elle peut être conservée plusieurs mois en solution hydroalcoolique à 30 %. Elle n'est pas précipitée par l'acide trichloracétique à 10 %. Elle est adsorbée par le charbon et par la permutite. Le sérum humain, dilué au 1/10e, inactive environ la moitié de la quantité présente en 15 min. à pH 7,4, à 10° C. Hypotensive chez le Chien chloralosé et le Chat anesthésié au Numal, elle provoque notamment une vasodilatation rénale. Dépourvue d'action sur la membrane nictitante du Chat, elle détermine une contraction de l'iléon isolé du Cobaye, du jejunum isolé du Chien et du muscle dorsal de la Sangsue.

L'acétylcholine, soluble dans le chloroforme, est complètement détruite par une ébullition de 20 min. en milieu chlorhydrique normal, et nous avons vérifié en effet que cette amine, ajoutée à nos extraits (1$^{\gamma}$ par cm^{3}) avant l'ébullition, avait complètement disparu après celle-ci. Notre substance est donc distincte de l'acétylcholine. D'ailleurs un même échantillon de nos extraits donne sur plusieurs tests des équivalents acétylcholiniques très différents, 5 ou 6 fois plus grands, par exemple, sur l'intestin de Cobaye insensible à l'histamine que sur le muscle de Sangsue ésériné. Un même échantillon sur un même test donne, pour diverses doses, des équivalents acétylcholiniques qui ne sont pas proportionnels à ces doses : par exemple, sur l'intestin de Cobaye, le même échantillon donne 0$^{\gamma}$,35 pour 1$^{cm^3}$ et 0$^{\gamma}$,07, soit 5 fois moins, pour 0$^{cm^3}$,5. L'atropine diminue et l'ésérine augmente l'action des deux substances, mais ces modifications sont quantitativement différentes : l'ésérine, sur le muscle de Sangsue (10^{-5}) et sur le Chien (0^{mg},1 par kg),

---

([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 503.

([5]) Un échantillon très actif, conservé en milieu hydroalcoolique à 30 %, nous servait d'étalon pour cette dernière mesure.

multiplie par 2 ou 3 l'efficacité de notre substance, mais par 100 au moins celle d'une dose équivalente d'acétylcholine sur le premier test, et par 20 ou 30 sur le second. Quant à l'atropine, lorsqu'on la fait agir à concentrations progressivement croissantes (de 10^{-10} à 10^{-8}) sur l'intestin de Cobaye, elle affecte l'action de l'acétylcholine plus précocement et plus complètement que celle de notre substance, de sorte qu'à la concentration de 10^{-9} ou 10^{-8}, elle multiplie par 4 ou 5 l'équivalent acétylcholinique de celle-ci. Enfin les deux substances sont instables en présence de sérum humain; mais, dans les mêmes conditions (même sérum dilué au 1/10, pH 7,4 à 26° C.), des doses équivalentes sont détruites en des temps très différents : 8 min. pour l'acétylcholine, plus de 40 min. pour notre substance.

Nous avons retrouvé la même substance dans des cas de fièvre typhoïde, de toxi-infection maligne ou de poussée ulcéreuse gastrique ou duodénale.

Cette substance peut troubler le dosage de l'histamine, et surtout celui de l'acétylcholine. Sa présence a pu conduire à surestimer l'importance physiologique et physiopathologique de ces deux substances. C'est vraisemblablement le cas du rôle qui a été attribué à l'acétylcholine comme médiateur des nerfs vasodilatateurs (Wybauw), et à l'histamine comme agent de l'inflammation (Bier et Rocha e Silva).

PHARMACODYNAMIE. — *Tolérance du cœur de Souris et de Rats vis-à-vis d'injections intracardiaques.* Note de Mme N. **Dobrovolskaïa-Zavadskaia** et Mlle E. **Guberan**.

Nos recherches sur l'influence de différentes substances sur la croissance des tumeurs nous ont conduites à chercher à introduire certains produits de solubilité limitée directement dans le sang de petits animaux de laboratoire.

Vu l'intérêt méthodique pour l'expérimentation des résultats obtenus, nous relatons ici nos essais sur les possibilités d'injections intraveineuses et d'injections intracardiaques de trois produits pouvant servir de véhicule pour les substances qui ne sont pas hydrosolubles, soit l'alcool éthylique jusqu'à 70°, l'huile d'œillettes et l'essence de moutarde, cette dernière en combinaison avec d'autres solvants pour diminuer sa concentration.

Les injections ont été faites, sous anesthésie générale à l'éther, dans le cœur, l'aiguille étant introduite à mi-hauteur du bord gauche du sternum, en s'assurant préalablement chaque fois, par une légère aspiration de sang, qu'on était bien dans la cavité cardiaque. Les injections dans la veine jugulaire ont été également faites, sous anesthésie générale, par une petite ouverture de la peau au niveau de la veine; les injections dans une veine caudale nécessitaient seulement une bonne fixation de l'animal. Toutes ces manipulations ont été en général bien supportées, mais les produits injectés eux-mêmes n'étant pas inoffensifs, on a observé presque chaque fois, même dans les cas de rétablis-

sement ultérieur, un arrêt momentané de la respiration et des battements du cœur. Les solutions à injecter n'étaient pas toutes limpides; celles qui contenaient de l'essence de moutarde, par exemple, se présentaient sous forme d'émulsions, il fallait les secouer fortement juste avant l'injection pour rendre l'émulsion plus fine.

Voici quelques détails sur ces expériences : sur 5 souris mâles adultes dont le poids variait de 21 à 26^g, une seule a pu être injectée dans le cœur, trois fois en trois jours successifs : 2/56 cm^3 d'alcool à 70° et deux fois 2/56 cm^3 d'un mélange d'essence de moutarde à 1/120 d'eau physiologique alcoolisée à 35°. L'animal est mort d'hémorragie cardiaque. Les trois autres souris sont mortes après une ou deux injections semblables. La 5e souris a reçu quatre injections de mélange d'essence de moutarde à 1/120 d'eau physiologique, dans une veine caudale; elle est morte le 5e jour, de bronchopneumonie.

Des 7 rats adultes utilisés dans cette série d'expériences, 2 ont supporté des injections réitérées (2 à 3 fois) pendant une journée, dans la veine jugulaire, d'alcool à 70° (1/20 cm^3) et de solution d'essence de moutarde dans l'huile d'œillettes (1 : 30) : difficulté momentanée de la respiration, restauration en une heure. La répétition de ces injections le lendemain a amené la mort des animaux. La dose de 1/8 cm^3 d'huile d'œillettes et de solution moutardée sus-mentionnée dans le cœur n'a pas été supportée par 2 autres rats. Le 5e rat a pu être injecté dans le cœur quatre fois avec de la solution huileuse moutardée : 1/20 cm^3 trois fois bien supporté, mort après l'injection de 1/15 cm^3. Le 6e rat a reçu trois injections d'huile d'œillettes (1/8, 1/15 et 1/15 cm^3) dans la veine jugulaire et deux injections pareilles (à 1/15 cm^3) dans le cœur. Il est mort le 6e jour avec une région du poumon hépatisée en triangle. Le 7e rat a été en traitement du 26 juin au 23 novembre et il a été injecté dans le cœur 107 fois. Il a reçu au début quatre injections d'alcool à 70° (1/20 à 1/8 cm^3), puis des combinaisons différentes d'alcool, d'essence de moutarde, d'huile et d'eau physiologique. L'animal est resté longtemps en bon état, propre, sans trace de gale. Ce n'est que vers le milieu de novembre qu'il a maigri un peu. Il est mort par asphyxie accidentelle (fuite de gaz d'éclairage); on a trouvé à l'autopsie des adhérences entre le péricarde et le sternum, le cœur pas trop altéré et les organes modifiés par l'intoxication gazeuse.

En définitive les solutions autres que les solutions aqueuses peuvent être introduites directement dans le sang de petits animaux; les doses tolérées pour l'alcool à 70°, l'huile d'œillettes et des mélanges moutardés ont varié de 1/28 à 1/8 cm^3. Avec une aiguille très fine, on peut faire pendant deux ou trois jours successifs des injections intracardiaques chez la Souris, mais, la paroi de l'organe n'étant pas assez épaisse, ces animaux périssent finalement d'hémorragie. Le Rat se prête beaucoup mieux aux expériences de ce genre. La survie

maximum s'élève, chez un rat sur 7, à 150 jours; cet animal a supporté 107 injections intracardiaques sans qu'il soit mort d'hémorragie et sans que son cœur subisse une altération trop grave ([1]).

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1943.

Esquisse d'une histoire des sciences mathématiques en Belgique, par Lucien Godeaux. Bruxelles, Office de publicité, 1943; 1 fasc. $19^{cm},5$.

Cahiers de la fondation française pour l'étude des problèmes humains, par Alexis Carrel. Fasc. 1. *Ce qu'est la fondation. Ce qu'elle fait.* Paris, Presses universitaires de France, 1943; 1 fasc., $22^{cm},5$.

Groupement français pour le développement des recherches aéronautiques. Rapport technique n° 9. *Tables numériques pour le calcul de la répartition des charges aérodynamiques suivant l'envergure d'une aile*, par Joseph Pérès et Lucien Malavard avec la collaboration de Lucien Romani. Clermont-Ferrand, 10, rue de la Treille, et Paris, Gauthier-Villars, 1943; 1 fasc. 27^{cm}.

Précis de génétique appliquée à la médecine vétérinaire, par N. Kobozieff et N. A. Pomriaskinsky-Kobozieff. Paris, Vigot frères, 1943; 1 vol. $25^{cm},5$ (présenté par M. M. Caullery).

Eugène Charabot (1870-1938), par René Salgues. Brignoles, 1941; 1 fasc. 20^{cm}.

Note sur la détermination des fonctions presque périodiques à l'aide de données relatives à un intervalle fini, par Paul Lévy. Extrait des *Annales hydrographiques*. Paris, Imprimerie nationale, 1943; 1 fasc. 21^{cm}.

Service hydrographique de la Marine. Section de documentation. *Zuiderzee. Répercussion de la fermeture du Zuiderzee sur les marées et la hauteur des lames devant les côtes de Nord Hollande, de Frise, de Groningue et des îles de la Frise.* (Extraits). Traduit du rapport de la Commission d'État publié par S'-Gravenhage-Algemeene Landsdrukkery, 1926; 1 fasc. 27^{cm}.

([1]) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'International Cancer Research Foundation dirigée par M. William H. Donner, D. Sc.